

APPARATUS AND METHOD FOR FILM-FORMING

Publication number: JP2000188251 (A)

Publication date: 2000-07-04

Inventor(s): KITANO TAKAHIRO; MORIKAWA SUKEAKI; AKUMOTO MASAMI; TAKESHITA KAZUHIRO

Applicant(s): TOKYO ELECTRON LTD

Classification:

- international: **B05C5/00; H01L21/027; B05C5/00; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/027; B05C5/00**

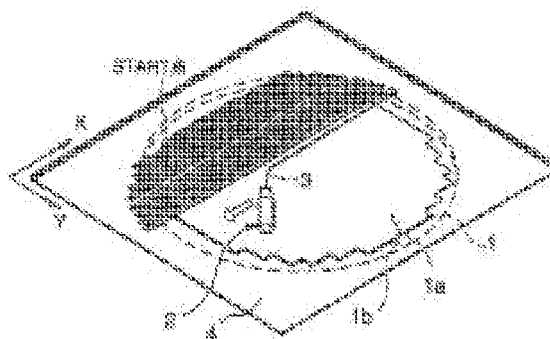
- European:

Application number: JP19980364943 19981222

Priority number(s): JP19980364943 19981222

Abstract of **JP 2000188251 (A)**

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the yield of a processing solution, required for film formation and form a uniform film on desired locations on a substrate to be processed. **SOLUTION:** This film-forming apparatus includes a sub-arm mechanism for holding a semiconductor wafer 1 with its surface (circuit formation region 1a) directed downwardly, a nozzle unit 2 which has an outlet hole capable of continuously discharging a resist solution 3 in the form of a small-diametered line, the outlet being directed upwards caused to face the wafer 1 held by the sub-arm mechanism, and a nozzle unit drive mechanism for relatively moving the nozzle unit 2 with respect to the wafer 1 for coating the resist solution 3 on the wafer 1 for film formation, while discharging the solution from the nozzle unit 2 in the form of the small-diameter line.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-188251
(P2000-188251A)

(43)公開日 平成12年7月4日(2000.7.4)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)	
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 6 4 C	4 F 0 4 1
B 0 5 C 5/00	1 0 1	B 0 5 C 5/00	1 0 1	5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平10-364943

(22)出願日 平成10年12月22日(1998. 12. 22)

(71)出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72)発明者 北野 高広

熊本県菊池郡菊陽町津久礼2655番地 東京
エレクトロン九州株式会社熊本事業所内

(72)発明者 森川 祐晃

熊本県菊池郡菊陽町津久礼2655番地 東京
エレクトロン九州株式会社熊本事業所内

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

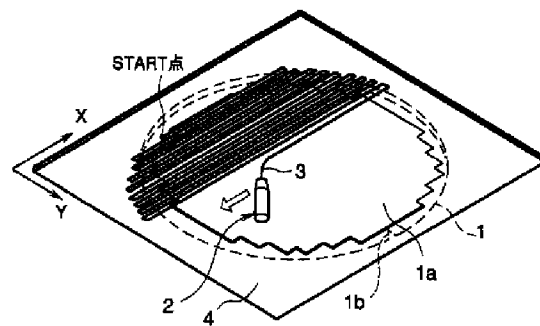
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 成膜装置及び成膜方法

(57)【要約】

【課題】 成膜に要する処理液の歩留まりを向上させ、かつ、被処理基板の所望の箇所にみに均一に成膜する。

【解決手段】 半導体ウエハ1を、その表面(回路形成領域1a)を下方に向けた状態で保持するサブアーム機構12と、レジスト液3を細径の線状に連続吐出できる吐出孔30aを有し、この吐出孔30aを上方に向け、前記サブアーム機構12に保持されたウエハ1に対向させるノズルユニット2と、前記ウエハ1に対してノズルユニット2を相対的に移動させ、前記レジスト液3をノズルユニット2から細径の線状に吐出しながら前記ウエハ1に塗布させることで成膜を行なうノズルユニット駆動機構17とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被処理基板の表面に成膜する成膜装置であって、
前記被処理基板を、その表面を下方に向けた状態で保持する基板保持機構と、
成膜用の液体を細径の線状に連続吐出できる吐出孔を有し、この吐出孔を上方向に向け、前記基板保持部に保持された被処理基板に対向させるノズルユニットと、
前記基板保持部とノズルユニットを相対的に移動させ、前記液体をノズルユニットから細径の線状に吐出しながら前記被処理基板に塗布させることで成膜を行なう塗布駆動機構とを有することを特徴とする成膜装置。

【請求項2】 請求項1記載の成膜装置において、
前記ノズルユニットの吐出孔径は、 $10 \sim 200 \mu\text{m}$ であることを特徴とする成膜装置。

【請求項3】 請求項1記載の成膜装置において、
前記被処理基板をその表面を下方に向けた状態で保持するために、この被処理基板を上下反転させる反転機構を更に有することを特徴とする成膜装置。

【請求項4】 請求項1記載の成膜装置において、
前記ノズルユニットは、
成膜用の溶液の非吐出時に、前記ノズルユニットの吐出孔に溶剤を流通させる溶剤流通手段を有することを特徴とする成膜装置。

【請求項5】 請求項1記載の成膜装置において、
前記成膜用の液体の必要塗布量、吐出時間及び塗布範囲に基づいて前記ノズルユニットと被処理基板の相対移動速度及び塗布経路を設定する塗布経路・速度設定部を有することを特徴とする成膜装置。

【請求項6】 請求項1記載の成膜装置において、
被処理基板の周縁部分を覆うマスク部材を有することを特徴とする成膜装置。

【請求項7】 請求項6記載の成膜装置において、
前記マスク部材上で、減速・折り返し・加速を行ない、前記塗布領域内では一定の相対速度に保つように前記ノズルユニットと被処理基板の相対移動速度及び塗布経路を設定する塗布経路・速度設定部を有することを特徴とする成膜装置。

【請求項8】 請求項1記載の成膜装置において、
前記成膜用の液体は、レジスト液、層間絶縁材料、低誘電体材料、強誘電体材料、配線材料、有機金属材料、金属ペースト等のうちいずれかひとつの液体であることを特徴とする成膜装置。

【請求項9】 被処理基板の表面に成膜するための成膜方法であって、
前記被処理基板を、その表面を下方に向けた状態で保持する工程と、
成膜用の液体を上方向に向けて細径の線状に連続吐出しながら、前記基板保持部とノズルユニットを相対的に移動させ、前記被処理基板に塗布させることで成膜を行な

う工程とを有することを特徴とする成膜方法。

【請求項10】 請求項6記載の成膜方法において、
前記被処理基板をその表面を下方に向けた状態で保持するために、非処理基板を反転させる工程を含むことを特徴とする成膜方法。

【請求項11】 請求項6記載の成膜方法において、
前記被処理基板に対する成膜を行う前に前記ノズルユニットを待機させる工程を含み、
この工程において、前記ノズルユニットの吐出孔に溶剤を通して吐出孔の目詰まりを防止することを特徴とする成膜方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、半導体ウエハ、LCD基板や露光マスク等の被処理基板上に樹脂等を溶解させたものからなる液体、特にレジスト液を塗布し、この液体の膜を形成する成膜装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば、LCDや半導体デバイスの製造プロセスにおいては、微細な回路パターンがフォトリソグラフィの技術を利用して形成される。

【0003】フォトリソグラフィ技術によれば、LCD基板や半導体ウエハ等の被処理基板の表面にレジスト液を塗布・成膜した後、これを所定のパターンに露光し、さらに現像処理・エッチング処理することにより所定の回路パターンを形成する。

【0004】現在、被処理基板にレジスト液を塗布し成膜するための方法としてはスピンコーティング法が主流をなしている。このスピンコーティング法によれば、被処理基板の中心部にレジスト液を滴下した後、この基板を高速で回転させる。このことで、レジスト液をその遠心力によって基板全体に拡散させ、基板の全面に亘って略均一なレジスト液膜を形成することができる。

【0005】ところで、近年、フォトリソグラフィ技術によって形成するべき回路パターンの線幅がますます微細化する傾向にあり、これに伴いレジスト膜の薄膜化が厳しく要求されている。すなわち、形成される回路の線幅は、このレジスト液の膜厚と露光波長とに比例することから、レジスト液の膜厚はできる限り薄くすることが好ましい。

【0006】スピンコーティング法では、基板回転速度を高速化することによりレジスト膜厚を薄くすることができる。このため、例えば8インチのウエハの場合、 $2000 \sim 4000 \text{ rpm}$ と、かなりの高速で回転させるようにしている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来のスピンコーティングによるレジスト液塗布方法によれば、以下に説明するような解決すべき課題がある。

【0008】(1) スピンコーティング法においては、被処理基板を大型化するとその外周部での周速度が速くなり、これにより空気の乱流が引き起こされ、この乱流によりレジスト膜の膜厚が変動しやすくなる。そして、これが原因で露光解像度が低下するという問題がある。

【0009】解像度の低下は半導体の集積度の向上を達成する上で致命的な障害であり、従来スピンコート法では0.4 μm 以下の膜厚では一定の塗膜を得ることは困難であるため、数ギガ程度以上の半導体を製造するには自ずと限界がある。

【0010】(2) また、スピンコーティング法によれば、レジスト液が被処理基板の中心位置から周縁部に向けて拡散していく過程において、レジスト液に含まれる溶剤が順次蒸発していく。このために、拡散方向に沿ってレジスト液の粘度が異なってしまう、中心部と周辺部とで形成されたレジスト膜の厚さが異なるおそれがある。

【0011】(3) 一方、スピンコーティング法では、被処理基板を高速で回転させるため、ウエハの周縁部から飛散し無駄になるレジスト液の量が多い。一例によれば、ウエハ上に供給されたレジスト液のうち10%以下の量しかレジスト液膜の形成に寄与していない。

【0012】(4) さらに、スピンコーティング法では、飛散するレジスト液を受け止めるため、ウエハをカップ内で回転させる必要があるが、このカップに付着したレジスト液がパーティクルとなって被処理基板を汚染する恐れがある。このため、このカップを頻繁に洗浄する必要がある。

【0013】(5) また、スピンコーティング法では、被処理基板の周縁部等の回路形成に寄与しない領域にもレジスト液が塗布されてしまう欠点がある。この部分に塗布されたレジスト液は、通常、レジスト液塗布工程の直後にエッジリムーバと称される専用の装置によって除去するようにしている。

【0014】この発明は、(1)～(5)に掲げたな事情に鑑みてなされたものであって、その主たる目的は、成膜に要する液体の歩留まりが高く、かつ、被処理基板の所望の箇所のみに前記液体を均一に塗布できる成膜装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】 上述した目的を達成するため、この発明は、被処理基板の表面に成膜する成膜装置であって、前記被処理基板を、その表面を下方に向けた状態で保持する基板保持機構と、成膜用の液体を細径の線状に連続吐出できる吐出孔を有し、この吐出孔を上方に向け、前記基板保持部に保持された被処理基板に対向させるノズルユニットと、前記基板保持部とノズルユニットを相対的に移動させ、前記液体をノズルユニットから細径の線状に吐出しながら前記被処理基板に塗布させることで成膜を行なう塗布駆動機構とを有することを特徴とする成膜装置を提供する。

【0016】このような構成によれば、いわゆる一筆書きの要領で、レジスト液のような液体を塗布することができるので、成膜に要する液体の歩留まりが向上する。

【0017】また、被処理基板を下方に向けた状態で保持し、成膜用の液体を上方に噴出しながら塗布を行なうので、上記ウエハが蓋の役割を果たし、例えばレジスト液等から溶剤が揮発することを有効に防止できる。このため、前記ノズルユニットから吐出される細径線状の液体流に「切れ」が生じることを有効に防止できる。

【0018】さらに、このような構成によれば、ノズルユニットが吐出孔を上方に向けて配置されているため、エア抜きが非常に容易に行なえる。

【0019】ここで、この発明では、液体成膜の薄膜化及び膜厚均一化を図るために、液体の線径をできるだけ小さくして高圧で吐出し、かつ高速でノズルユニットを移動させながら塗布を行なう。このため、前記ノズルユニットの液吐出孔径は、10～200ミクロンであることが好ましい。

【0020】また、この装置では、前記被処理基板を反転させる反転機構を更に有することが望ましい。この反転機構は、被処理体の成膜面に非接触で非処理基板を保持する必要がある。

【0021】さらに、この発明で用いられるような極細ノズルにおいてはレジスト液の吐出を停止した際に、吐出孔が容易に閉塞するという問題がある。このため、待機位置において、前記ノズルユニットは、ノズルユニットの吐出孔から溶剤を噴出させるための溶剤供給機構を有することが望ましい。

【0022】さらに、塗布経路・速度設定部を設け、必要塗布量、吐出時間及び塗布範囲に基づいてノズルと被処理基板の相対移動速度及び塗布経路を設定するようにすることで、基板上に薄厚がかつ均一な厚さの液膜を形成することができる。

【0023】ここで、塗布経路としては、適宜のものを採用することが可能である。例えばジグザグ状の経路の他、螺旋状の経路であっても良い。

【0024】また、液体の膜厚を均一化するためには、被処理基板とノズルユニットの相対速度を一定に保つ必要がある。これを実現するため、被処理基板の必要塗布領域の外側を覆い隠すマスク部材を設け、このマスク部材上で、減速・折り返し・加速を行なうようにして塗布領域内では一定の相対速度に保つようにすることが好ましい。

【0025】またこれらに液体にはレジスト液、層間絶縁材料、低誘電体材料、強誘電体材料、配線材料、有機金属材料、金属ペースト等のうちいずれかひとつの液体を用いることが出来る。

【0026】

【発明の実施の形態】 以下、この発明の一実施形態を図面を参照して説明する。

【0027】この実施形態では、成膜装置として、半導体ウエハ（この発明の被処理基板）にレジスト液（成膜用の液体）を塗布するレジスト液塗布装置を例にとって説明する。

【0028】この発明の特徴は、第1に、従来のスピニング法のように半導体ウエハ1を高速で回転させてレジスト液の塗布を行うのではなく、図1に示すように、レジスト液塗布ノズルユニット2（この発明のノズルユニット（超極細連続吐出ノズル））とウエハ1とを相対的にXY方向に移動させ、いわゆる一筆書きの要領で、ウエハ1上の回路形成領域1aのみにレジスト液3の塗布を行っていくことにある。

【0029】また、この発明の第2の特徴は、この図に示すように、ウエハ1を上下反転させ、レジスト液塗布面1aを下方に向けた状態で保持し、レジスト液3を前記ノズルユニット2から上方向に噴出させながら塗布を行なうことにある。

【0030】この実施形態では、前記ウエハ1の直下に、前記レジスト液塗布面である回路形成領域1a以外の周縁部を覆うマスク部材4を配置し、前記塗布ノズルユニット2をY方向に所定ピッチづつ間欠送りしながらX方向に往復させることで、前記回路形成領域1aのみにレジスト液3を塗布するようにしている。

【0031】この発明では、特に半導体装置製造装置のフォトリソグラフィ技術が適用されるレジスト塗布装置において、ウエハ1を反転させた状態でこのような一筆書きによるレジスト液塗布を可能とするため、以下に説明するような構成を採用している。

【0032】図2は、このレジスト液塗布装置の縦断面図を示すものであり、図3は、平面図を示すものである。

【0033】図3に示すように、この装置は、メインアーム機構10によって搬送されたウエハ1を上下反転させるための反転機構11と、この反転機構11によって反転されたウエハ1を受け取って図に矢印αで示す方向に移送するためのサブアーム機構12と、このサブアーム機構12によって移送され定位置に保持されたウエハ1に対してレジスト液を塗布するためのレジスト液塗布機構13と、前記マスク部材4をレジスト液塗布機構13から取り出して洗浄するためのマスク部材洗浄機構14とを有する。

【0034】レジスト液塗布機構13は、図2（a）に示すように、フレーム16と、このフレーム16内に配置され前記ノズルユニット2をXYZ方向に駆動するノズルユニット駆動機構17とを有する。ノズルユニット2は、吐出側を上方に向けて配置され、前記サブアーム機構12によって保持されたウエハ1に対向している。

【0035】なお、このサブアーム機構12は、図2（b）に示すように前記ウエハ1を保持する。すなわち、このサブアーム機構12は、図に矢印βで示す方向

に開閉動作するアーム20と、このアーム20の内面に固着され前記ウエハ1のエッジ部のみに接触し回路形成領域1aに触れることなくウエハ1を把持することができる把持パッド21とを有する。この把持パッド21は、例えば、図3に示すように、前記アーム20の周方向に沿う4個所に取着されている。

【0036】一方、図2（a）に示すように、前記フレーム16は前記ノズルユニット2の可動空間を区画するように形成され、その内部にはノズルユニット2の周囲の空間内を所定の溶剤雰囲気で満たすための溶剤液溜めチャンネル22が設けられている。この液溜めチャンネル22内には、液温及び液面高さコントロールされた溶剤が満たされ、この溶剤を蒸発させることによってウエハ1の周囲を所定濃度の溶剤雰囲気に保つようになっている。また、フレーム16の上端には、前記マスク部材4が挿脱可能に保持されている。

【0037】前記ノズルユニット駆動機構17は、前記フレーム16の底面に固定されたY方向駆動機構25と、このY方向駆動機構25によってY方向駆動自在に保持されたX方向駆動機構26と、このX方向駆動機構26によってX方向移動自在に保持されたZ方向駆動機構27とからなる。前記ノズルユニット2は、このZ方向駆動機構27に取着され、XYZ方向に位置決め駆動されるようになっている。なお、各駆動機構25～27としては、適宜の駆動方式を採用しても良く、ボールネジ駆動機構であっても良いし、ベルト駆動機構であっても良い。

【0038】また、前記Y方向駆動機構25の一端部は、図3に示すように、レジスト液を塗布するための空間から紙面下側に食い出して延出されており、前記ノズルユニット2を図に29で示す待機ユニットに位置決め駆動できるように構成されている。

【0039】図4は、ノズルユニット2が待機ユニット29内に挿入されている状態を示すものである。この図を参照してノズルユニット2及び待機ユニット29の構成を説明する。

【0040】このノズルユニット2は、ノズル30と、このノズル30の基端部を保持するノズル保持部材31とからなる。

【0041】ノズル30は、例えばステンレス材で形成され、その吐出孔30aは $10\mu\text{m}$ ～ $200\mu\text{m}$ と、きわめて細径に形成されている。このノズル30をから射出されるレジスト液はこの分野で通常使用されているように溶剤が混入されているものであるが、このように吐出孔30aの径が極めて小さいと、その体積に対する表面積比が大きくなり、溶剤が揮発し、目詰まりを起こしやすくなる。

【0042】これを有効に防止するため、前記吐出孔30aの長さ寸法は、レジスト液線径が安定するのに必要な長さに止め、その直前までは例えば直径約2mmと比

較的大径なる供給孔30bによってレジスト液を供給するようになっている。

【0043】また、ノズル保持部材31には、前記ノズル30と図に32で示すレジスト液配管とを接続させるレジスト液流路33の他に、例えばシンナー等の溶剤溶液を前記ノズル30内にバイパス供給するための溶剤バイパス流路34が形成されている。

【0044】このバイパス流路34は、この図に示すようにノズルユニット2が待機ユニット29で待機している最中に開かれ、前記ノズル30の吐出孔30a内に前記溶剤を連続的に通すことでこの吐出孔30aの目詰まりを防止する機能を有する。また、ノズル30から噴出された溶剤は、この待機ユニット29内で蒸発し、ノズル先端部の周囲を所定濃度の溶剤雰囲気保つようになっている。

【0045】前記待機ユニット29は、前記ノズル30の先端部が挿入されるノズル挿入孔36を有する。また、この待機ユニット29内には、前記ノズル30から噴出された溶剤を受ける溶剤受けチャンネル部37が設けられている。この溶剤受けチャンネル部37に溜まった溶剤は、図に38で示す廃液管を通して順次排出されるように構成されている。

【0046】次に、同図を参照して、このレジスト塗布装置のシステム構成を説明する。

【0047】まず、前記レジスト液配管32は、レジスト液用バルブ40、レジスト液温制御部41を介してレジスト液供給部42に接続されている。

【0048】一筆書きでレジスト液を供給する際に重要なことは、薄膜化及び膜厚の均一化を図るためにできるだけ細径で、かつこの細径のレジスト液が途切れることなく一定の線幅で連続的に安定して吐出されることである。

【0049】レジスト液の最大吐出速度は前記吐出孔30aの水頭圧で定まるが、その最大吐出速度が得られる大圧力で吐出を行なうようにするため、前記レジスト液供給部42は例えばシリンダ等容積型のポンプを用いてレジスト液を押し出し式に吐出できるように構成されている。

【0050】さらに、ウエハ1上に着地したレジスト液はその粘度・表面張力に応じて一定の広がりを生じる。これによりY方向の送りピッチを定めることができるから、塗布経路が決定される。塗布経路が定まると、前記レジスト液の吐出時間（吐出速度と吐出量とから求める）から、ノズルユニット2の相対移動速度が決定される。この装置においては、吐出速度（例えば2m/s）と比較してノズルユニット2の相対移動速度（例えば500mm/s～1m/s）は遅くなる。

【0051】また、レジスト液を吐出しながらノズルユニット2を移動させる場合、線状のレジスト液流から溶剤が揮発し、液表面が乾燥して液流切れが生じてしまう

恐れがある。これを防止するため、この発明では、ウエハ1の下面に向けてレジスト液3を射出するようにしている。溶剤は上方向に揮発するものであるが、この例ではウエハ1が蓋の役割を果たすことによって溶剤の蒸発が抑えられるので液流切れを有効に防止できる。

【0052】また、この例では、レジスト液流の切れを有効に防止するため、前記レジスト液温制御部41でレジスト液温の制御を行なうようにしている。レジスト液温制御部41は、例えば所定の温度に調節された温調水を使用するウォータジャケットである。

【0053】また、前記溶剤の供給系統は、前記バイパス流路34に接続された溶剤供給配管43と、溶剤用バルブ44と、溶剤液温制御部45と、溶剤供給部46とからなる。

【0054】溶剤用バルブ44は、流路開閉弁装置であり、レジスト塗布時には閉じられ、レジスト非塗布時である待機時にのみ開かれ、温度・濃度管理された溶剤を前記ノズル30の吐出孔30aに連続的に通すようにする。

【0055】これら上記レジスト液用バルブ40、液温制御部41、レジスト液供給部42、溶剤用バルブ44、溶剤液温制御部45、溶剤供給部46は、図に47で示す中央制御部に接続され、この中央制御部47によって制御されるようになっている。

【0056】この中央制御部47は、この図に示されている構成の他、図示されていない構成を含め、このレジスト液塗布装置の全ての制御を中央集約的に司るコンピュータシステムである。

【0057】また、この中央制御部47には、前記X、Y、Z駆動機構等からなるノズルユニット駆動機構17を作動させるためのノズルユニット駆動機構ドライバ49、サブアーム機構12を制御するためのサブアーム機構ドライバ50、反転機構11を制御するための反転機構ドライバ51が接続されている。

【0058】前記ノズルユニット駆動機構ドライバ49は、前記X方向駆動機構26とY方向駆動機構15とを同期をとって作動させることで、前記ノズルユニット2を前記ウエハ1の所定の経路に対向させつつ移動させる。

【0059】このノズルユニット駆動機構ドライバ49は、中央制御部47に設けられた塗布経路・速度設定部52によって設定された塗布経路及び相対移動速度に基いて作動する。なお、この塗布経路・速度設定部52は、塗布条件設定ファイル48に格納されたウエハ寸法（回路形成領域1aの寸法）、塗布経路基本パターン、必要塗布量等に基いて塗布経路を決定する。

【0060】ここでウエハ寸法としては、6インチ、8インチ、12インチ等がある。また、塗布経路基本パターンとしては、図1に示したジグザグ経路の他、渦巻き経路等がある。また、レジスト液の塗布量は、この装置

の場合歩留まりが略100パーセントであるから、必要膜厚及び塗布面積から決定される。さらに相対移動速度は、塗布量と液吐出時間とによって決定されるが、膜厚の形成に大きく関係するため非常に重要である。

【0061】塗布条件は、塗布経路・速度設定部52が自動で設定するようにしても良いし、オペレータが選択してこの塗布経路・速度設定部52に入力するようにしても良い。

【0062】また、サブアーム機構ドライバ50は、サブアーム機構12を図3に矢印で示す方向に作動させると共に、前記アーム20を開閉駆動して前記ウエハ1のチャッキング及びアンチャッキング動作を動作を行わせる。

【0063】このサブアーム機構12は、前述したように、ウエハ1の下面に接触せずにこのウエハ1を保持する機能を有する。そして、前記反転機構11で受け取ったウエハ1を前記レジスト液塗布機構13上に搬送し、位置決めした状態で保持する。そして、レジスト液の塗布が終了したならば、前記ウエハ1をレジスト液塗布機構13から排出し、再び反転機構11に受け渡す。

【0064】図4は、この反転機構11の一例を示す概略構成図である。

【0065】この反転機構11は、ウエハ保持機構53を有する。このウエハ保持機構53は、Zθ駆動機構54と、このZθ駆動機構54によって保持された保持アーム55を有する。この保持アーム55の末端部には、前記ウエハ1の縁部の回路非形成領域に接触してウエハ1を保持できる保持ピン56が突設されている。

【0066】そして、このウエハ保持機構53の上方には、ウエハ1を上下反転させるための反転用アーム機構58が設けられている。この反転用アーム機構58は、基本的には前記サブアーム機構12（図2（b））と同様に構成され、開閉駆動されるアーム57と、前記ウエハ1をその表面に非接触で保持できる保持パッド59とを有する。

【0067】また、この反転用アーム57は反転駆動ユニット60によって保持されており、保持したウエハ1を上下方向に180°反転させるようになっている。

【0068】次に、この反転機構11の動作を、メインアーム機構から受け取ったウエハを前記サブアーム機構に受け渡す場合を例にとって説明する。

【0069】まず、ウエハ1を保持したメインアーム機構10は、この反転機構11のウエハ保持機構53に向かって前進し、保持したウエハ1を前記ウエハ保持アーム55の直上に位置決めする。ついで、このウエハ保持機構53は、ウエハ保持アーム55を上昇させ、その上面でウエハ1を受け取る。

【0070】この場合、ウエハ1の下面はレジスト非塗布面であるから、その中央部を保持しても良い。従って、ウエハ1の受け渡しの際、ウエハ1の中央部を保持

することによってこのウエハ1を一旦メインアーム機構10から上昇させ、ついで、下降させることによってウエハ保持アーム55上に受け渡すようにしても良い。

【0071】次に、前記ウエハ保持アーム55を上記ウエハ反転アームの高さに上昇させる。そして、このウエハ反転アーム57を閉じてウエハ1をクランプした後、上記ウエハ保持アーム55を下降させることで、前記ウエハ1をウエハ反転アーム57に受け渡す。

【0072】ついで、このウエハ反転用アーム機構58は、このウエハ1を前記反転ユニットを作動させることで反転させる。

【0073】ウエハ1が反転されたならば、ウエハ保持アーム55を再び上昇させ、前記ウエハ保持機構53から反転されたウエハ1を受け取る。この際、前記アーム55の周縁部に突設された保持ピン56でウエハ1を保持する。

【0074】ついで、ウエハ保持アームを前記サブアームの高さに下降させる。そして、このウエハ1をサブアーム機構12に受け渡す前に、前記Zθ駆動機構54を作動させることによって前記ウエハ1のノッチ合わせを行う。

【0075】ウエハ1のノッチ合わせが終了したならば、ウエハ1をサブアーム機構12に受け渡す。このサブアーム機構12は反転されたウエハ1を前記レジスト液塗布機構13に移送し、このレジスト液塗布機構13の直上でウエハ1を位置決め保持する。

【0076】このような構成によれば、ウエハ1の回路形成領域1aに触れることなくウエハ1を反転できる。

【0077】次に、前記レジスト液塗布機構13の側方に設けられたマスク部材洗浄機構14について説明する。

【0078】前記マスク部材4は、図1に示すように、ウエハ1の回路形成領域1a以外の領域を覆い、レジスト液がウエハ1の周縁部に塗布されてしまうのを防止する。したがって、このマスク部材4はレジスト液で汚れてしまうため、定期的に洗浄する必要がある。

【0079】レジスト液で汚れたマスク部材4は、図示しない挿脱路を通してこのレジスト液塗布機構13から取出され、前記マスク部材洗浄機構14に搬送される。

【0080】このマスク部材洗浄機構14は図示しない洗浄機構を有すると共に交換用のマスク部材4'を保持している。このマスク部材洗浄機構14は、前記レジスト液塗布装置からレジスト液で汚れたマスク部材4が搬送されてきたならば、既洗浄済みのマスク部材4'を前記レジスト液塗布機構13に対して送出する。そして、このマスク部材洗浄機構14は、汚れたマスク部材4の洗浄を行なう。

【0081】次に、このレジスト液塗布装置によるレジスト液塗布工程を図6に示したフローチャートに基いて説明する。なお、すでに詳細に説明した動作について

は、その詳しい説明は省略する。

【0082】(1) ウエハのロード(ステップS1～S5)

まず、ウエハ1を前記メインアーム機構10から反転機構11にロードする(ステップS1)。そして、前述した動作によって前記反転機構11でウエハ1を反転させる(ステップS2)。

【0083】ついで、このウエハ1をサブアーム機構12に受け渡す前に、ウエハ1のノッチ合わせが行なわれる(ステップS3)。すなわち、この反転機構11には、図示しない発光部及び受光センサがウエハ1の周縁部に対向して設けられており、前記Zθ駆動機構54によってウエハ1を回転させ前記ノッチ1b(図1参照)が検出された角度で停止させる。

【0084】ウエハ1のノッチ合わせが終了したならば、ウエハ1をサブアーム機構12に受け渡す(ステップS4)。サブアーム機構12は、反転されたウエハ1を移送し、前記レジスト液塗布機構13に設置されたマスク部材4の直上に保持する。

【0085】(2) ノズルユニットの起動(ステップS6～S9)

前記ウエハ1が前記レジスト液塗布機構13に位置決めされるまでの間、前記ノズルユニット2は、図4に示すように待機ユニット29に挿入された状態で待機されている(ステップS6)。

【0086】この時、前述したように、レジスト液用バルブ40が閉じられている一方前記溶剤用バルブ44が開かれ前記ノズル30に形成された細径の吐出孔30aからは溶剤が連続的に通され目詰まり及び乾きを防止している。

【0087】前記ウエハ1に対するレジスト液塗布の準備が整ったならば、ノズルユニットの起動が行われる。すなわち、前記溶剤用バルブ44が閉じられ、溶剤の射出が停止されると共に(ステップS7)、前記レジスト液用バルブ40が開かれることによって前記吐出孔30aにレジスト液が通される(ステップS8)。吐出孔30a内にレジスト液が通されたならば、一旦前記レジスト液用バルブ40は閉じられ、このノズルユニット2は待機位置から前記レジスト液塗布機構13の所定の塗布開始ポジション(図1に示すSTART点に対向する位置)に移送される(ステップS9)。

【0088】なお、ウエハ1及びノズルユニット2のロードを行っている間にも前記レジスト液塗布機構13の内部は溶剤雰囲気気の管理が継続的に行なわれている。すなわち、前記フレーム16の溶剤保持チャンネル22内の溶剤は継続的に液温及び液面コントロールされている。この溶剤雰囲気気の管理は、前記中央制御部47に設けられた雰囲気管理部61によって行われている。

【0089】(3) レジスト液の塗布(ステップS10)

前記ウエハ1がレジスト液塗布機構13に位置決めされたならば、前記制御部47は、前記塗布経路・速度設定部52により設定された経路、相対移動速度その他の条件に基いてノズルユニット2とウエハ1とを相対移動させながら前記レジスト液を塗布する。

【0090】この実施形態では、図1に「START」で示す点からY方向に沿ってノズルユニットを往復移動させながら、その折り返し両端部で、ノズルユニット2をX方向に間欠的に送り駆動することによってレジスト液の塗布を行う。

【0091】また、この図に示すような経路に沿ってノズルユニット2を移動させる場合、X方向両端の折り返し部分ではノズルユニット2を減速及び加速する必要があるから、レジスト液の膜厚にばらつきが生じる恐れがある。このため、前記ノズルユニット2の折り返しは、前記マスク部材4上、すなわち回路形成領域1aの外側で行なうようにする。そして、回路形成領域1a上では、ノズルユニット2を一定の速度で移動させる。

【0092】このことで、ウエハ1上に供給されたレジスト液膜の厚さは、前記レジスト液の線径、吐出速度、ノズルユニット2の相対移動速度、及びウエハ1上でのレジスト液の広がり度で調節され、ウエハ上の回路形成領域1aには均一な液膜が形成される。

【0093】(4) ウエハのアンロード(ステップS11～S13)

レジスト液の塗布が終了したならば、前記サブアーム機構12をレジスト液塗布機構13から退出させ、前記反転機構11に移送する。そして、前記ウエハのロード逆の動作によってウエハを上下反転させ、メインアーム機構10に受け渡す(ステップS12、S13)。

【0094】このメインアーム機構10は、この後、レジスト液が塗布されたウエハ1を次工程(ベーク工程)に移送し、新たなウエハ1を反転機構11にロードする(ステップS1～)

(5) ノズルの待機(ステップS14)

メインアーム機構10によって次のウエハ1がロードされるまでの間、前記ノズルユニット2は前記待機ユニット29において待機させられる(ステップS14)。この時、前記溶剤用バルブ44が開かれ、前記吐出孔30aに溶剤が通される。このことによって待機中に前記細径の吐出孔30aが目詰まりすることが防止される。

【0095】以上説明した構成によれば以下の効果を得ることができる。第1に、ウエハを回転させることなく、一筆書きの要領でレジスト液を塗布することでレジスト液を供給できるから、レジスト液の歩留まりを飛躍的に向上させることができ、場合によっては略100%とすることができる効果がある。

【0096】すなわち、レジスト液の塗布方法として一般的に採用されているスピニング法では、ウエハを高速度で回転させるため、ウエハの周縁部から飛散し

無駄になるレジスト液の量が多い。一例によれば、ウエハ上に供給されたレジスト液のうち10%以下の量しかレジスト液膜の形成に寄与していない。

【0097】さらに、この方法では、ウエハ周縁部の回路形成に寄与しない領域にもレジスト液が塗布されてしまう欠点がある。この部分に塗布されたレジスト液は、通常、レジスト液塗布工程の直後にエッジリムーバと称される専用の装置によって除去しなければならない。

【0098】これに対して、この発明のレジスト液塗布装置によれば、レジスト液の歩留まりが飛躍的に向上するから、後でレジスト液を除去する必要はない。

【0099】第2に、レジスト液流の切れを防止でき、薄厚でかつ均一な液膜を形成することができる効果がある。

【0100】すなわち、一筆書きの要領でレジスト液を塗布する場合、液膜の薄膜化及び均一化を図るために、できるだけ細径の液流で塗布を行い、しかも液流が切れることを有効に防止する必要がある。また、吐出中に液流の粘度が変化すると液流が切れる可能性が高い。また、塗布ノズルが目詰まりを起こす可能性が高いため、これも有効に防止する必要がある。

【0101】この発明では、ウエハ1を上下反転させ、ノズルユニット2からレジスト液を上方に射出させながら塗布を行うようにした。このことによってウエハ1直下の空間の溶剤雰囲気を適切に保つことが容易になり、細径の液流であっても、液流の粘度を常に一定に保つことができ、液流の切れを防止できる。

【0102】すなわち、レジスト液に含まれる溶剤は上方向に蒸発する。通常の塗布方法ではウエハの上面にレジスト液を塗布しているから、レジスト液から溶剤が蒸発しやすい。したがって、この発明のような一筆書き方式の塗布では、高精度に溶剤雰囲気を保持できる特別な構成を採用する必要がある。

【0103】これに対して、この発明によれば、このウエハ1の下面にレジスト液塗布空間を形成することにより、このウエハ1を蓋として機能させることができる。このことにより、複雑な構成を採用することなく溶剤雰囲気を保持でき、レジスト液の液切れを有効に防止できる効果がある。

【0104】また、このようにしてレジスト液を塗布する場合、上面にレジスト液を塗布した場合と比較してレジスト液を塗布した後のレジスト液の広がりや抑制される。このため、塗布後のレジスト液からの溶剤の蒸発が有効に防止される。

【0105】したがって、塗布開始点付近と塗布終了点付近との間でレジスト液の粘度に変動が生じることを最小限に押さえることができる。このことにより解像度の向上に寄与できる。

【0106】第3に、ノズルユニットからのエア抜きが容易に行なえる効果がある。すなわち、この発明の構成

によれば、ノズル30の吐出孔30aが上方向に向けて開放しているため、ノズル交換時に自然にエア抜きが成される。このため、ノズルエア抜きのための格別の工程や構成を必要としない。

【0107】第4に、レジスト液の飛散を防止できるから、パーティクルが発生することを有効に防止できる効果がある。

【0108】すなわち、スピンコーティング法では、飛散するレジスト液を受け止めるため、ウエハをカップ内で回転させる必要があるが、このカップに付着したレジスト液がパーティクルとなってウエハを汚染する恐れがあるため、このカップを頻繁に洗浄する必要がある。

【0109】これに対して、この発明のレジスト液塗布装置によれば、一度に供給されるレジスト液の線径を非常に小さくできるから飛び散ることが防止され、また、ウエハ1を回転させないから飛散はほとんどない。従って、このようなカップを設ける必要はなく、洗浄も不要となる。

【0110】第5に、ウエハ周縁部分をマスク部材4で覆うようにし、このマスク部材4上でレジスト液塗布の開始、折り返し、塗布終了等を行なうようにした。このことで、回路形成領域1a上ではノズルユニット2の加減速を行うことなく一定の速度で移動させることができるから、レジスト液膜厚の均一化を行なうことができる。

【0111】また、この場合、前記マスク部材4がレジスト液で汚れることとなるが、このレジスト液塗布装置の側方にマスク部材洗浄機構14を設けたのでこのマスク部材4の洗浄を行なえる。また、このマスク部材洗浄機構14は、洗浄済みのマスク部材4'を待機させ、汚れたマスク部材4と交換的に送出するようになっているから、レジスト液塗布のスループットを低下させることはない。

【0112】なお、このレジスト液塗布装置は、図7～図9に示す塗布現像処理システムに適用されることが好ましい。

【0113】図7に示すように、この塗布現像処理システムは、ウエハ1が収容されたカセットCRからウエハ1を順次取り出すカセット部70と、カセット部70によって取り出されたウエハ1に対しレジスト液塗布及び現像のプロセス処理を行なうプロセス処理部71と、レジスト液が塗布されたウエハ1を図示しない露光装置に受け渡すインタフェース部72とを備えている。

【0114】前記カセット部70には、カセットCRを位置決め保持するための4つの突起部80aと、この突起部80aによって保持されたカセットCR内からウエハ1を取り出す第1のサブアーム機構81とが設けられている。このサブアーム機構81は、ウエハ1を取り出したならば、θ方向に回転して向きを変え、このウエハ1を前記プロセス処理部71に設けられた前記メインア

ーム機構10に受け渡すことができるようになってい
る。

【0115】カセット部70とプロセス処理部71間での
ウエハ1の受け渡しは第3の処理ユニット群G3を介
して行われる。この第3の処理ユニット群G3は、図9
に示すように複数のプロセス処理ユニットを縦形に積み
上げて構成したものである。すなわち、この処理ユニ
ット群G3は、ウエハ1を冷却処理するクーリングユニ
ット(COL)、ウエハ1に対するレジスト液の定着性を
高める疎水化処理を行なうアドヒージョンユニット(AD)
、ウエハ1の位置合わせをするアライメントユニ
ット(ALIM)、ウエハ1を待機させておくためのエク
ステンションユニット(EXT)、露光処理前の加熱処
理を行なう2つプリベーキングユニット(PREBAKE)
、及び露光処理後の加熱処理を行なう2つポストベ
ーキングユニット(POBAKE)を順次下から上へと
積み上げて構成されている。

【0116】前記ウエハ1のメインアーム機構10への
受け渡しは、前記エクステンションユニット(EXT)
及びアライメントユニット(ALIM)を介して行われ
る。

【0117】また、図7に示すように、このメインア
ーム機構10の周囲には、前記第3の処理ユニット群G3
を含む第1～第5の処理ユニット群G1～G5がこのメ
インアーム機構10を囲むように設けられている。前述
した第3の処理ユニット群G3と同様に、他の処理ユニ
ット群G1、G2、G4、G5も各種の処理ユニットを
上下方向に積み上げて構成されている。

【0118】この発明のレジスト液塗布装置(COT)
は、図8に示すように、前記第1、第2の処理ユニ
ット群G1、G2に設けられている。この第1、第2の処理
ユニット群G1、G2は、レジスト塗布装置(COT)
と現像処理装置(DEV)とを上下方向に積み上げ構成
したものである。

【0119】一方、前記メインアーム機構10は、図7
に示すように、上下方向に延接された筒状のガイド89
に沿って上下駆動される。そして、このメインアーム機
構10は、平面方向に回転し、かつ進退駆動されるよう
に構成されている。したがって、このメインアーム機構
10を、上下方向に駆動することで、ウエハ1を前記各
処理ユニット群G1～G5の各処理ユニットに対して任
意にアクセスさせることができるようになっている。

【0120】前記カセット部70から第3の処理ユニ
ット群G3のエクステンションユニット(EXT)を介
してウエハ1を受け取ったメインアーム機構10は、先
ず、このウエハ1を第3の処理ユニット群G3のアド
ヒージョンユニット(AD)に搬入し、疎水化処理を行な
う。ついで、アドヒージョンユニット(AD)からウエ
ハ1を搬出し、クーリングユニット(COL)で冷却処
理する。

【0121】冷却処理されたウエハ1は、前記メイン
アーム機構10によって前記第1の処理ユニット群G1

(若しくは第2の処理ユニット群G2)のレジスト液塗
布装置(COT)に対向位置決めされ、搬入される。こ
のことで、ウエハ1をこの発明のレジスト液塗布装置の
前記反転機構11に対してロードすることができる。

【0122】前述したように、一筆書きの要領でレジ
スト液が塗布されたウエハ1は、前記反転機構11からメ
インアーム機構10によってアンロードされ、第4の処
理ユニット群G4を介してインタフェース部72に受け
渡される。

【0123】この第4の処理ユニット群G4は、図9に
示すように、クーリングユニット(COL)、イクステ
ンション・クーリングユニット(EXT・COL)、イク
ステンションユニット(EXT)、クーリングユニ
ット(COL)、2つのプリベーキングユニット(PRE
BAKE)、及び2つのポストベーキングユニット(P
OBAKE)を下から上へと順次積み上げて構成したも
のである。

【0124】この発明のレジスト液塗布装置(COT)
から取り出されたウエハ1は、先ず、プリベーキングユ
ニット(PREBAKE)に挿入され、レジスト液から
溶剤を飛ばして乾燥される。ついで、このウエハ1をク
ーリングユニット(COL)で冷却した後、イクステ
ンションユニット(EXT)を介して前記インタフェース
部72に設けられた第2のサブアーム機構74に受け渡
されるようになっている。

【0125】ウエハ1を受け取った第2のサブアーム機
構74は、受け取ったウエハ1を順次カセットCR内に
収納する。このインターフェース部は、前記ウエハ1を
カセットCRに収納した状態で図示しない露光装置に受
け渡し、露光処理後のウエハ1が収納されたカセットC
Rを受け取る。

【0126】露光処理された後のウエハ1は、前記とは
逆に第4の処理ユニット群G4を介してメインアーム機
構10に受け渡され、このメインアーム機構10は、こ
の露光後のウエハ1を必要であればポストベーキングユ
ニット(POBAKE)に挿入した後、現像装置(DE
V)に挿入し現像処理を行なわせる。現像処理後のウエ
ハ1は、いずれかのベーキングユニットに搬送され、加
熱乾燥した後、この第3の処理ユニット群G3のイク
ステンションユニット(EXT)を介してカセット部70
に排出される。

【0127】なお、前記第5の処理ユニット群G5は、
選択的に設けられるもので、この例では前記第4の処理
ユニット群G4と同様に構成されている。また、この第
5の処理ユニット群G5はレール75によって移動可能
に保持され、前記メインアーム機構10及び前記第1～
第4の処理ユニット群G1～G4に対するメンテナンス
処理を容易に行ない得るようになっている。

【0128】この発明のレジスト液塗布装置（成膜装置）を、図7～図9に示した塗布現像ユニット（COT）に適用した場合、複数のウェハの並行処理が容易に行なえるから、ウェハ1の塗布現像処理工程を非常に効率的に行なうことができる。また、各処理ユニットが上下に積上げ式に構成されているから装置の設置面積を著しく減少させることができる。

【0129】なお、この発明の成膜装置は、このような塗布現像ユニット以外の装置にも適用可能であることはもちろんである。また、その他発明の要旨を変更しない範囲で種々変形可能である。

【0130】第1に、前記塗布ノズルユニットの吐出孔の目詰まりを防止するための機構は、図3に示した構成に限定されるものではない。

【0131】例えば、前記ノズルユニットのノズル先端部を覆うカバーを待機ユニットとは別に設けるようにしても良い。

【0132】第2に、レジスト液の塗布径路は、上記一実施形態のもの（図1）に限定されるものではなく、例えば図10に示すように渦巻き状の径路としても良い。この場合、前記ウェハ1を低速（例えば20～30rpm）で回転させつつノズルユニット2をこのウェハ1の直径方向（例えばX方向）に移動させることで塗布を行うようにすることが好ましい。

【0133】この場合でもウェハ1とノズルユニット2の相対速度を一定に保つことが重要である。例えばノズルユニット2を一定の速度で移動させる場合には、このノズルユニット2がウェハ1の周縁部側に移動するにしたがってウェハ1の回転速度を徐々に低下させる。一方、ウェハ1を一定の速度で回転させる場合には、ノズルユニット2の移動速度をウェハ1の周縁部に行くにしたがって徐々に低下させるようにする。

【0134】第3に、レジスト液膜の膜厚の均一化を図るため、図11に示すように塗布方向を異ならせて2度塗りを行うようにしても良い。この場合、塗布の開始点（START）、方向変換点、終了点（END）はマスク部材4上に位置させるようにする。このことでウェハ1上では常に一定の速度でノズルユニット2を移動させることができ、膜厚の均一化を図ることができる。

【0135】第4に、上記一実施形態では、ノズルユニット2とウェハ1とを相対的に移動させる際に、ノズルユニット2のみを駆動するようにしたが、これに限定されるものではない。例えばノズルユニット2を固定してウェハ1をXY方向に駆動するようにしても良い。

【0136】また、ノズルユニット2やメインアーム機構10、サブアーム機構12、反転機構11の具体的な駆動機構についても、前記一実施形態のものに限定されなく、他の構成のものを適宜採用しても良いことは勿論である。

【0137】第5に、上記一実施形態では、成膜に要す

る液体としてレジスト液を挙げたが、これに限定されるものではない。他の液体としては、層間絶縁膜用の液体、高導電性膜の液体、強誘電体の液体、銀ペースト等が挙げられる。

【0138】第6に、この実施形態では、被処理基板として半導体ウェハ1を挙げたが、LCD基板や露光マスクなどであっても良い。また、前記実施形態ではノズルユニット2は1つであったが、2以上並列に設けるようにしても良い。このような構成によれば塗布時間を短縮することができる。

【0139】第7に、前記一実施形態では、マスク部材4を設けるようにしたが、これを設けなくても良い。この場合、ウェハ1の下側に、カップ等、余剰レジスト液の排出機構を設けるようにすれば良い。

【0140】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、成膜に要する液体の歩留まりが高く、かつ、被処理基板の所望の箇所に液体を均一に塗布できる成膜装置を提供できる効果がある。

【0141】また、被処理基板を上下反転させることで成膜雰囲気保持することが容易に行なえるから、成膜用液体の射出中にこの液体流に切れが生じることを有効に防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係わるレジスト液塗布装置における成膜方法の概略を説明するための斜視図。

【図2】同じく、レジスト液塗布装置を示す一部縦断面図。

【図3】同じく、レジスト液塗布装置を示す平面図。

【図4】同じく、ノズルユニット及びシステム構成を示す概略構成図。

【図5】同じく、反転機構を示す斜視図。

【図6】同じく、成膜プロセスを説明するためのフローチャート。

【図7】同じく、レジスト液塗布装置が適用される塗布現像システムを示す全体平面図。

【図8】同じく、塗布現像システムを示す正面図。

【図9】同じく、塗布現像システムの機能を説明するための正面図。

【図10】レジスト液塗布経路の別の例を示す斜視図。

【図11】レジスト液塗布経路の更なる別の例を示す平面図。

【符号の説明】

1…半導体ウェハ（被処理基板）

1a…回路形成領域

2…ノズルユニット

3…レジスト液（成膜用の液体）

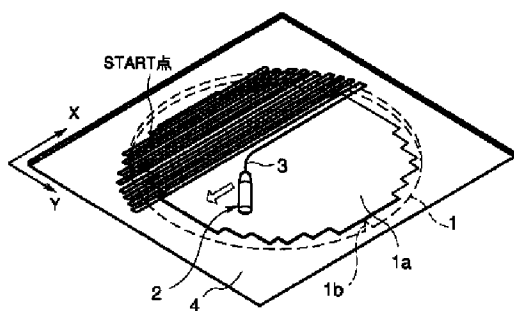
4…マスク部材

10…メインアーム機構

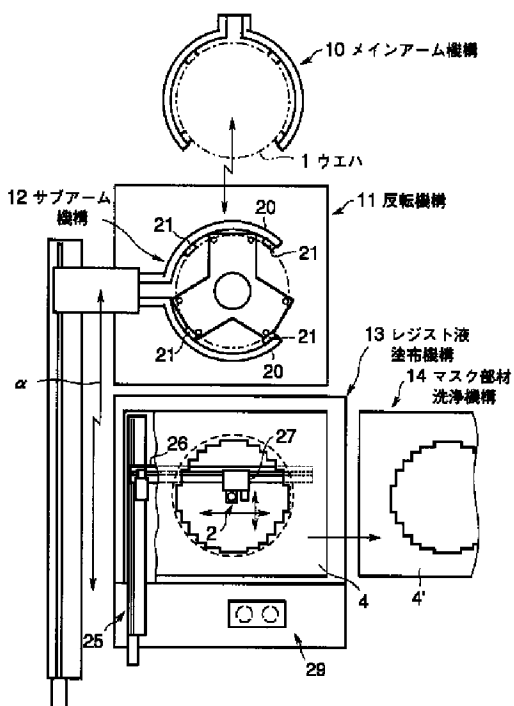
11…反転機構

- 1 2…サブアーム機構（基板保持機構）
 1 3…レジスト液塗布機構
 1 4…マスク部材洗浄機構
 2 9…待機ユニット
 3 0…ノズル

【図 1】

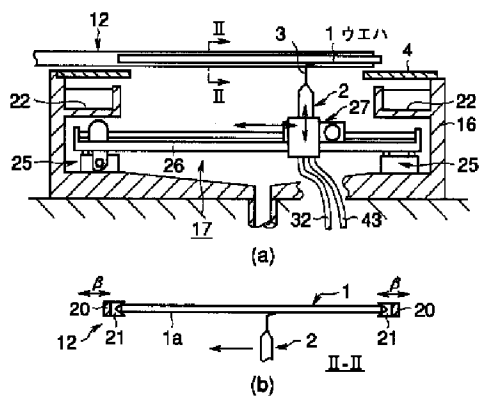


【図 3】

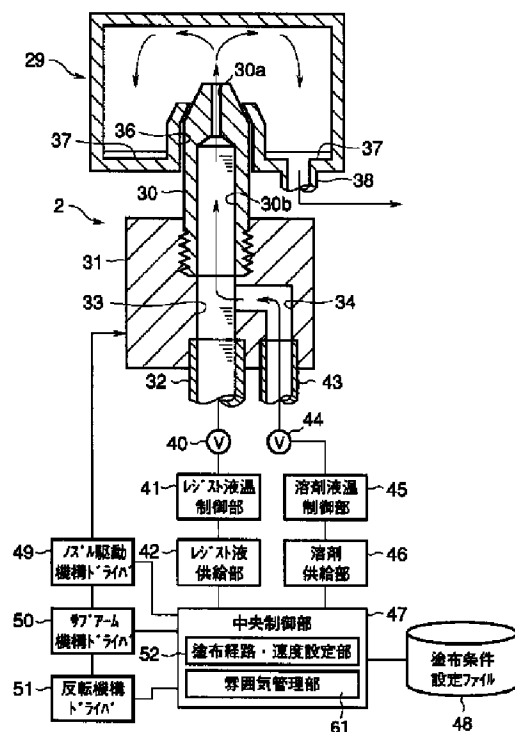


- 3 0 a…吐出孔
 3 4…溶剤バイパス流路（溶剤流通手段）
 4 4…溶剤用バルブ
 4 7…中央制御部
 5 2…塗布経路・速度設定部

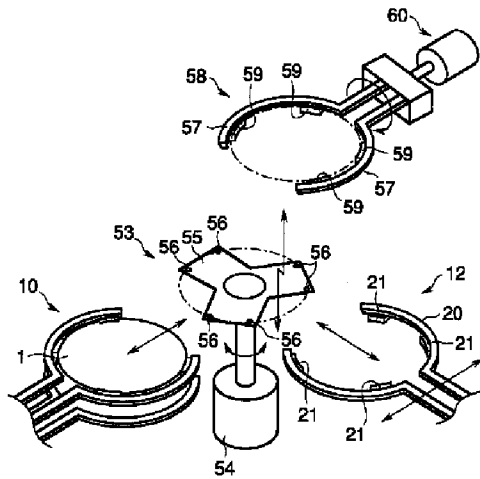
【図 2】



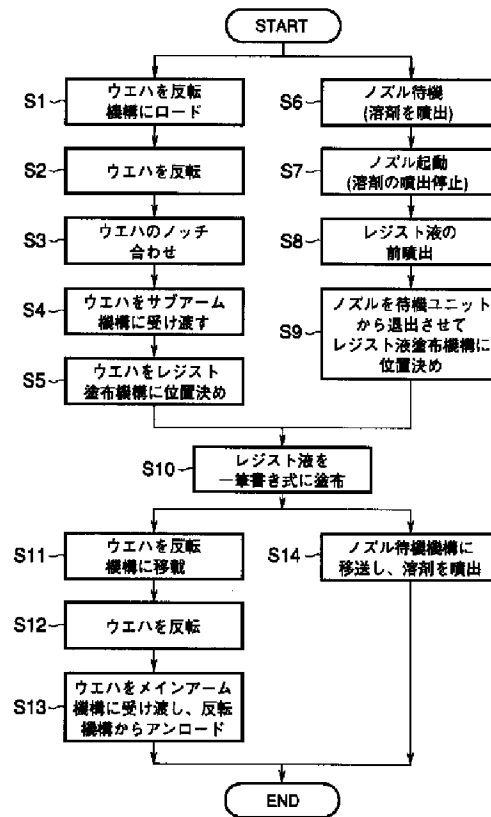
【図 4】



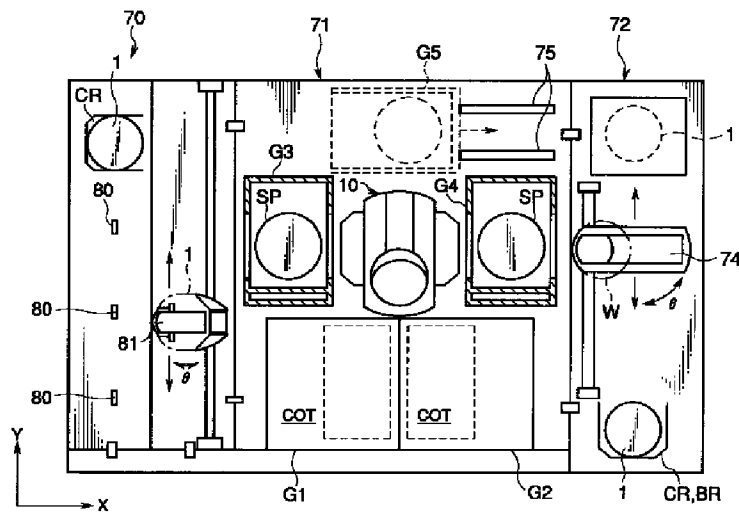
【図5】



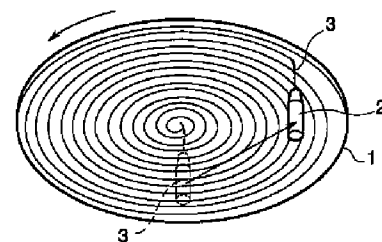
【図6】



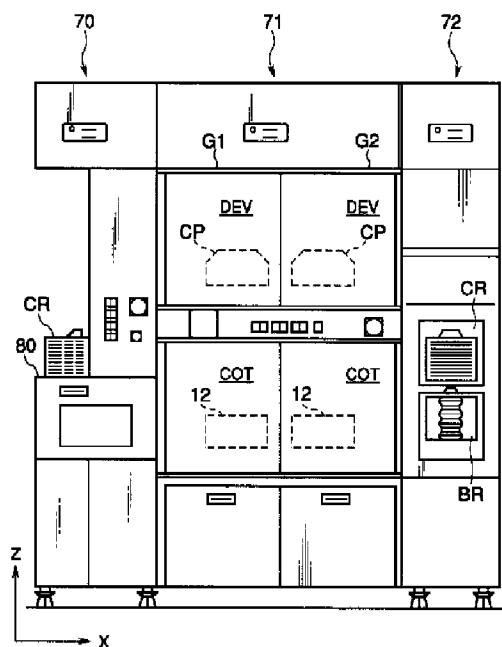
【図7】



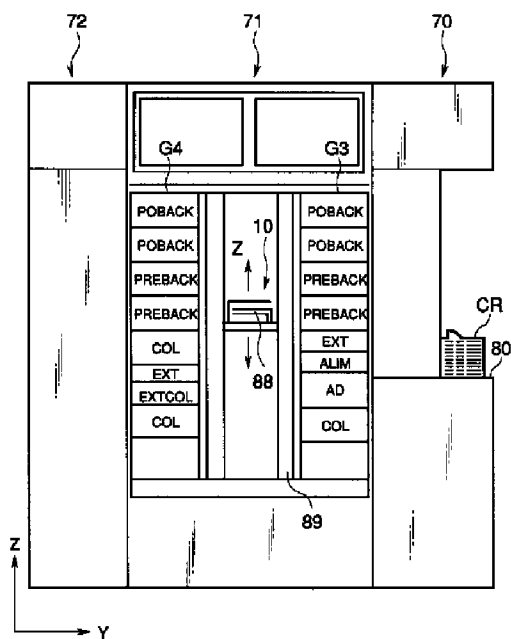
【図10】



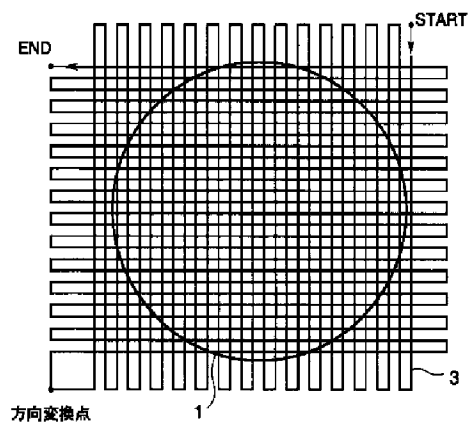
【図 8】



【図 9】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 飽本 正巳
熊本県菊池郡菊陽町津久礼2655番地 東京
エレクトロン九州株式会社熊本事業所内

(72)発明者 竹下 和宏
熊本県菊池郡菊陽町津久礼2655番地 東京
エレクトロン九州株式会社熊本事業所内

Fターム(参考) 4F041 AA06 AB02 BA12 BA34
5F046 CD01 CD06 JA02 JA22 JA24
JA27